

Sen. 09/879, 934

⑬ 日本国特許庁(JP)

⑩ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A) 平2-119131

⑨ Int. Cl.⁵

識別記号

庁内整理番号

⑬ 公開 平成2年(1990)5月7日

H 01 L 21/302
B 01 J 19/08
C 23 F 4/00

B 8223-5F
H 6865-4G
A 7179-4K

審査請求 有 発明の数 2 (全8頁)

⑭ 発明の名称 試料の温度制御方法及び装置

⑰ 特 願 平1-249150

⑱ 出 願 昭58(1983)11月28日

⑳ 特 願 昭58-222046の分割

⑭ 発 明 者 掛 樋 豊 茨城県土浦市神田町502番地 株式会社日立製作所機械研
究所内

⑭ 発 明 者 仲 里 則 男 茨城県土浦市神田町502番地 株式会社日立製作所機械研
究所内

⑭ 発 明 者 福 島 喜 正 茨城県土浦市神田町502番地 株式会社日立製作所機械研
究所内

⑮ 出 願 人 株式会社日立製作所 東京都千代田区神田駿河台4丁目6番地

⑯ 代 理 人 弁理士 小川 勝男 外1名

最終頁に続く

明 細 書

1. 発明の名称

試料の温度制御方法及び装置

2. 特許請求の範囲

1. 試料台とプラズマ処理される試料の裏面との間の電気絶縁材を介して、前記試料台と前記試料とに電荷を蓄積して前記試料を前記試料台に密着保持させ、該密着保持された前記試料の裏面と前記試料台との間に伝熱ガスを供給することを特徴とする試料の温度制御方法。

2. 前記伝熱ガスは、前記試料台に設けられる分散溝により、前記密着保持された前記試料の裏面と前記試料台との間隙に分散供給される特許請求の範囲第1項記載の試料の温度制御方法。

3. 前記試料の吸着は、前記試料の裏面の少なくとも外周辺を吸着保持する特許請求の範囲第1項記載の試料の温度制御方法。

4. 試料台とプラズマ処理される試料の裏面との間に電気絶縁材を設け、該電気絶縁材を介して前記試料台と前記試料とに電荷を蓄積して前記

試料を前記試料台に密着保持させる手段と、該密着保持された前記試料の裏面と前記試料台との間に伝熱ガスを供給する手段とを具備したことを特徴とする試料の温度制御装置。

5. 前記密着保持手段を、前記試料台が接続された直流電源と前記プラズマを生成する手段とで構成し、前記伝熱ガス供給手段が、前記試料台並びに電気絶縁材を貫通し、かつ、前記試料の裏面に向かって開口する前記伝熱ガスの供給路を有した特許請求の範囲第4項記載の試料の温度制御装置。

6. 前記電気絶縁材は、前記伝熱ガスの分散用溝を有する特許請求の範囲第4項記載の試料の温度制御装置。

7. 前記分散用溝の深さは、前記伝熱ガスの平均自由行程長以下とする特許請求の範囲第6項記載の試料の温度制御装置。

8. 前記電気絶縁材は、前記試料台の金属面に絶縁膜をコーティングして成る特許請求の範囲第4項記載の試料の温度制御装置。

3. 発明の詳細な説明

〔産業上の利用分野〕

本発明は、試料の温度制御方法及び装置に係り、特に基板の温度を制御するものに好適な試料の温度制御方法及び装置に関するものである。

〔従来の技術〕

試料を真空処理、例えば、プラズマ利用して処理（以下、プラズマ処理と略）する装置、例えば、ドライエッチング装置の重要な用途の一つに半導体集積回路等の微小固体素子の製造における微細パターンの形成がある。この微細パターンの形成は、通常、試料である半導体基板（以下、基板と略）の上に塗布したレジストと呼ばれる高分子材料に紫外線を露光、現像して描いたパターンをマスクとしてドライエッチングにより基板に転写することで行われている。

このような基板のドライエッチング時には、プラズマとの化学反応熱やプラズマ中のイオンまたは電子などの衝撃入射エネルギーによりマスク及び基板が加熱される。従って、十分な放熱が得られ

ない場合、即ち、基板の温度が良好に制御されない場合は、マスクが変形、変質し正しいパターンが形成されなくなったり、ドライエッチング後の基板からのマスクの除去が困難となってしまうといった不都合を生じる。そこで、これら不都合を排除するため、次のような技術が従来より種々慣用・提案されている。以下、これら従来の技術について説明する。

従来技術の第1例としては、例えば、特公昭56-53853号公報に示されているように、高周波電源の出力が印加される試料台を水冷し、該試料台上に被加工物質を誘電体膜を介して載置し、試料台に直流電圧を印加することでプラズマを介して誘電体膜に電位差を与え、これにより生じる静電吸着力によって被加工物質を試料台に吸着させ、被加工物質と試料台との間の熱抵抗を減少させて被加工物質を効果的に冷却するものがある。

従来技術の第2例としては、例えば、特開昭57-145321号公報に示されているように、ウェーハの裏面より気体ガスを吹き付けて、ウェー

ハを気体ガスにより直接冷却するものがある。

従来技術の第3例としては、例えば、E. J. Egerton 他, Solid State Technology, Vol. 25, No. 8, P 84~87 (1982-8) に示されているように、水冷された試料台である電極と該電極に載置され機械的クランプ手段で外周辺を電極に押圧されて固定された基板との間に、圧力が6 Torr程度のGHeを流通させて、電極と基板との間の熱抵抗を減少させ、これにより基板を効果的に冷却するものがある。

〔発明が解決しようとする課題〕

しかしながら、上記これらの従来技術は、試料の効果的な冷却、及び基板裏面に流すガスのプロセスに与える影響等の点において、充分配慮されておらず、以下のような問題があった。

上記第1の従来技術では、上記のように行っても、まだ、被加工物質と試料台との間の接触部分は少なく、微視的にみればわずかな隙間を有している。また、この隙間には、プロセスガスが入り込み、このガスは、熱抵抗となる。一般のドライ

エッチング装置では、通常0.1 Torr程度のプロセスガス圧によって被加工物質をエッチング処理しており、被加工物質と誘電体膜との間の隙間はプロセスガスの平均自由行程長より小さくなるため、静電吸着力による隙間の減少は、熱抵抗の点からはほとんど変わらず、接触面積が増加した分だけ効果が上がることになる。したがって、被加工物質と試料台との間の熱抵抗を減少させ被加工物質をより効果的に冷却するためには、大きな静電吸着力を必要とする。このため、このような技術では、次のような問題があった。

(1) 被加工物質が試料台から離脱しにくくなるため、エッチング処理が終了した被加工物質の搬送に時間を要したり、被加工物質をいためたりする。

(2) 大きな静電吸着力を生じるためには、誘電体膜と被加工物質との間に大きな電位差を与える必要があるが、しかし、この電位差が大きくなれば、被加工物質、すなわち、基板内の素子に対するダメージが大きくなるため、歩留まりが

悪くなり、集積回路の集積度が高まるにつれて要求が高まっている薄いゲート膜の微細加工では、更に歩留まりが悪くなる。

上記第2の従来技術では、ヘリウムガス（以下、GHeと略）のように熱伝導性の優れた気体ガスをを用いることで、ウェーハの冷却効率を向上させることができる。しかしながら、このような技術では、次のような問題があった。

(1) 気体ガスがウェーハの冷却面側にとどまらずエッチング室内に多量に流れ込むため、GHeのように不活性ガスでもプロセスに与える影響は大きく、したがって、すべてのプロセスに使用することができない。

上記第3の従来技術では、基板の外周辺をクランプによって固定しても、GHeの真空処理室内への流出は避けられず、したがって上記した第2の従来技術での問題点と同様の問題を有し、更に次のような問題をも有している。

(1) 機械的クランプ手段により基板の外周辺を押圧して、基板を電極に固定するため、基板は、

流通するGHeのガス圧により周辺支持状態で凸高で凸状に変形する。このため、基板の裏面と電極との間の隙間量が大きくなり、これに伴って基板と電極との熱伝導特性が悪化する。このため、基板の冷却を充分効果的に行うことができない。

(2) 電極に基板の外周辺を押圧して固定する機械的クランプ手段が設けられているため、基板内の游子製作面積が減少すると共に、プラズマの均一性が阻害され、また、機械的クランプ手段の動作時に、機械的クランプ手段に付着した反応生成物が機械的クランプ手段から脱落して、塵埃の発生する危険性があり、更に、基板搬送が極めて煩雑となり、その結果、装置が大型化すると共に信頼性が低下する。

本発明の目的は、真空処理される試料の温度を効果的に制御でき、プロセスに与える伝熱ガスの影響を少なくできる試料の温度制御方法及び装置を提供することにある。

〔課題を解決するための手段〕

本発明は、試料台とプラズマ処理される試料の裏面との間に電気絶縁材を設け、電気絶縁材を介して試料台と試料とに電荷を蓄積して試料を試料台に密着保持させる手段と、密着保持された試料の裏面と試料台との間に伝熱ガスを供給する手段とを具備した装置とし、試料台とプラズマ処理される試料の裏面との間の電気絶縁材を介して、試料台と試料とに電荷を蓄積して試料を試料台に密着保持させ、密着保持された試料の裏面と試料台との間に伝熱ガスを供給する方法とすることにより、達成できる。

〔作 用〕

試料台とプラズマ処理される試料の裏面との間の電気絶縁材を介して、試料台と試料とに電荷を蓄積して試料を試料台に密着保持させ、密着保持された試料の裏面と試料台との間に伝熱ガスを供給することにより、伝熱ガスのガス圧による試料の変形を防止して吸着保持された試料の裏面と試料台との間の隙間量の増大が抑制され、真空処理される試料の温度を効果的に制御できると共に、

伝熱ガスの真空処理室内への流出が抑制され、プロセスに与える伝熱ガスの影響を少なくできる。

〔実施例〕

試料を真空処理、例えば、プラズマ処理する装置としては、ドライエッチング装置、プラズマCVD装置、スパッタ装置等があるが、ここでは、ドライエッチング装置を例にとり本発明の実施例を説明する。

以下、本発明の一実施例を第1図ないし第3図により説明する。

第1図にドライエッチング装置の概略構成を示す。真空処理室10の、この場合、底壁には、絶縁体11を介して試料台である下部電極20が電気絶縁されて気密に設けられている。真空処理室10には、放電空間30を有し下部電極20と上下方向に対向して上部電極40が内設されている。

試料である基板50の裏面に対応する下部電極20の表面には、絶縁物60が埋設されている。また、下部電極20には、伝熱ガスの供給路を形成する溝21が形成されている。絶縁物60と溝21については、

第2図および第3図を用いて詳細に後述する。下部電極20には、溝21と連通してガス供給路23aとガス排出路23bとが形成されている。また、下部電極20内には、冷媒流路22が形成されている。下部電極20には、冷媒流路22と連通して冷媒供給路24aと冷媒排出路24bとが形成されている。

ガス供給路23aには、ガス源(図示省略)に連結された導管70aが連結され、ガス排出路23bには、導管70bの一端が連結されている。導管70aには、マスフローコントローラ(以下、MFCと略)71が設けられ、導管70bには調整バルブ72が設けられている。導管70bの他端は、真空処理室10と真空ポンプ80とを連結する排気用の導管12に合流連結されている。冷媒供給路24aには、冷媒源(図示省略)に連結された導管90aが連結され、冷媒排出路24bには、冷媒排出用の導管90bが連結されている。

下部電極20には、マッチングボックス100を介して高周波電源101が接続されると共に、高周波遮断回路102を介して直流電源103が接続されて

いる。なお、真空処理室10、高周波電源101および直流電源103はそれぞれ接地されている。

また、上部電極40には、放電空間30に開口する処理ガス放出孔(図示省略)と該処理ガス放出孔に連通する処理ガス流路(図示省略)とが形成されている。処理ガス流路には、処理ガス供給装置(図示省略)に連結された導管(図示省略)が連結されている。

次に、第1図の下部電極20の詳細構造例を第2図、第3図により説明する。

第2図、第3図で、第1図に示したガス供給路23aは、この場合、導管25aで形成され、導管25aは、この場合、下部電極20の基板載置位置中心を軸心として上下動可能に設けられている。導管25aの外側には、第1図に示したガス排出路23bを形成して導管25bが配設されている。導管25bの外側には、第1図に示した冷媒供給路24aを形成して導管25cが配設されている。導管25cの外側には、第1図に示した冷媒排出路24bを形成して導管25dが配設されている。導管25bの上端は

電極上板26につながり、導管25dの上端は電極上板26の下方の電極上板受27につながっている。導管25bの上端部には、電極上板26と電極上板受27と導管25bとで空室28が形成されている。空室28には分割板29が冷媒流路22を形成して内設され、導管25cの上端は分割板29につながっている。

基板(図示省略)が載置される電極上板26の表面には、この場合、放射状の伝熱ガス分散用の溝21aと円周状の伝熱ガス分散用の溝21bとが複数条形成されている。伝熱ガス分散用の溝21a、21bは、導管25a、25bと連結している。また、基板が載置される電極上板26の表面には、絶縁物60が設けられている。この場合は、絶縁膜がコーティングされている。

なお、第2図、第3図で、110は基板が載置されない部分の電極上板26の表面を保護する電極カバーで、111は下部電極20の電極上板26の表面以外を保護する絶縁カバー、112はシールド板である。また、導管25aの上端には、電極上板26への

時に基板を裏面側から支持するピン113が、この場合、120度間隔で3本配設されている。

また、溝21a、21bの深さは、基板吸着時の基板の裏面と溝21a、21bの底部との間の隙間(以下、溝部隙間と略)が伝熱ガスの平均自由行程長以上になれば、伝熱ガスの伝熱効果が低下するようになるため、該溝部隙間が、好ましくは、伝熱ガスの平均自由行程長以下となるように溝21a、21bの深さを選定するのが良い。

また、基板の裏面で絶縁膜に静電吸着により実質的に密着される部分(以下、吸着部と略)の面積は、伝熱ガスのガス圧と真空処理室10の圧力との差圧による基板の下部電極20からの浮上りを防止するために、伝熱ガスのガス圧と真空処理室10の圧力との差圧により決まる必要静電吸着力により選定する。例えば、伝熱ガスの圧力が1 Torrで真空処理室10の圧力が0.1 Torrの場合、基板の下部電極20からの浮上りを防止するための必要静電吸着力は約 $1-3\text{ g/cm}^2$ であり、従って、これより吸着部の面積は、基板の裏面面積の約 $1/5$

に選定される。なお、本例は一例であり、吸着部の面積を基板裏面のほぼ全面まで大きくとすれば、それに応じて静電吸着力を小さくできることは言うまでもない。

上記のように構成された第1図ないし第3図のドライエッチング装置で、基板50は、公知の搬送装置(図示省略)により真空処理室10に搬入された後に、その裏面外周辺部を絶縁物60と対応させて下部電極20に載置される。下部電極20への基板50の載置完了後、処理ガス供給装置から導管を経てガス流通路に供給された処理ガスは、ガス流通路を流通した後上部電極40のガス放出孔より放電空間30に放出される。真空処理室10内の圧力調整後、下部電極20には高周波電源101より高周波電力が印加され、下部電極20と上部電極40との間にグロー放電が生じる。このグロー放電により放電空間30にある処理ガスはプラズマ化され、このプラズマにより基板50のエッチング処理が開始される。また、これと共に下部電極20には、直流電源103より直流電圧が印加される。基板50のプラ

ズマによるエッチング処理の開始により、このプラズマ処理プロセスによって生じるセルフバイアス電圧と直流電源103によって下部電極20に印加される直流電圧とにより、基板50は下部電極20に静電吸着されて実質的に密着し、固定される。その後、溝21a、21bには、ガス源よりMFC71及びガス供給路23aを順次介して伝熱ガス、例えば、GHeが供給される。これにより、実質的に密着している基板裏面と下部電極20との微小な間隙の全域にわたって、溝21a、21bからGHeが供給される。このとき、GHeは、MFC71と調整バルブ72との操作によりガス量を制御されて供給され、場合によっては、基板裏面と下部電極20、詳しくは絶縁物60との間隙にGHeを封じ込めた使用も可能である。これにより、冷媒流路22を流通する冷媒、例えば、水や低温液化ガス等で冷却されている下部電極20と基板50との熱抵抗は、基板裏面の全域にわたって均一に減少させられ、基板50は効果的、すなわち、均一に且つ効率良く冷却される。言い替えば、基板裏面の略全面が吸着保持され

ることにより効果的に基板の冷却が行なえる。その後、エッチングの終了に近づくと、溝21a、21bへのGHeの供給は停止され、エッチングの終了に伴って、放電空間30への処理ガスの供給と、下部電極20への直流電圧および高周波電力の印加が停止される。その後、引抜き基板50に生じている静電吸着力は解除。この場合、電氣的に電極上板26と同電位に保たれたピン113が基板50に当接することによって静電気の除去が行われ、ピン113の作動により基板50は下部電極20上より除去される。その後、基板50は、公知の搬送装置により真空処理室10外へ搬出される。また、静電気の除去については、直流電圧の印加を停止した後に、高周波電力の印加を停止することによっても行うことができる。

以上、本実施例によれば、次のような効果が得られる。

(1) 従来のように基板を外周辺だけ下部電極に押圧して固定するのでなく、広い面積にわたって静電吸着により実質的に密着固定できるため、

伝熱ガスであるGHeのガス圧による基板の変形を防止でき、下部電極に固定された基板の裏面と下部電極との間隙量の増大を抑制できる。従って、基板と下部電極との間の熱伝導特性の悪化を防止でき、基板を効果的に冷却できる。

(2) 少なくとも基板の裏面の外周辺を吸着しているので、伝熱ガスであるGHeは吸着部で真空処理室内への流出を抑制させるため、GHeのプロセスに与える影響は少なくなり、全てのプロセスに使用することができる。

(3) 静電吸着によって基板と下部電極との接触面積を増加させて熱抵抗を減少させる従来の技術と比較すると、本実施例では、静電吸着力の大きさはGHeの圧力と真空処理室内の圧力との圧力差による基板の浮上りを防止するのに必要な大きさで良く、GHeの圧力とプラズマの圧力との差圧を、基板の裏面と下部電極との間の熱抵抗の許す範囲で小さくすることにより静電吸着力を小さくしても基板冷却の効果が十分得られる。

- (4) 静電吸着力が小さいため、基板の下部電極からの離脱が容易となり、エッチング処理が終了した基板の搬送時間を短縮できると共に、基板の損傷を防止できる。
- (5) 静電吸着力が小さくてよいため、基板に与えられる電位差は小さく基板内の素子に対するダメージを小さくできる。したがって、薄いゲート膜の微細加工でも歩留まりを悪化させる心配がない。
- (6) 基板を機械的クランプ手段によらず静電吸着力によって下部電極に固定しているため、基板内の素子製作面積の減少を防止できると共に、プラズマの均一性を良好に保持でき、また、下部電極への基板の載置時並びに下部電極からの基板の除去時に塵埃が発生する危険性がなく、更に、基板搬送を容易化でき、その結果、装置の大型化を抑制できると共に信頼性を向上できる。

第4図は、本発明を実施したドライエッチング装置の他の例を示すもので、真空処理室10の頂壁

は、Al-Cu-Si材のドライエッチングの際に特に有効であり、ホトレジストがダメージを受けない範囲の高い温度に制御して被エッチング材の残渣を減少させることができる。

- (2) プラズマの圧力が高い場合には、エッチング速度が基板の温度上昇に伴って増加するプロセスもあり、このような場合には、基板の温度があらかじめ設定した一定温度を超えた場合に、GHeを流して冷却効果を上げホトレジストのダメージを防止しながらエッチング時間の短縮を図ることができる。

以上説明した実施例では、基板の吸着に静電吸着力を用いているが、プラズマガスの圧力が高いプロセスにおいては真空吸着力を用いることも可能である。また、絶縁物下面に正極と負極とを交互に並べて配置し静電吸着力を基板に付与するようにしても良い。また、下地の材料が露出し始めてから更にオーバーエッチングを行うような場合は、下地の材料が露出し始めた時点でGHeの供給を停止し下部電極に直流電圧を逆印加するように

と上部電極40には、真空処理室10外部と放電空間30とを連通して光路120が形成されている。光路120の真空処理室10外部側には、透光窓121が気密に設けられている。透光窓121と対応する真空処理室10外部には、温度計測手段、例えば、赤外線温度計122が設けられている。赤外線温度計122の出力はアンプ123を介してプロセス制御用コンピュータ124に入力され、プロセス制御用コンピュータ124により演算された指令信号がMFC71に入力されるようになっている。なお、その他、第1図と同一装置等は、同一符号で示し説明を省略する。

本実施例によれば、更に次のような効果が得られる。

- (1) 基板の温度を計測しながらGHeの供給量を調整、すなわち、GHeを供給するMFCをプロセス制御コンピュータと結合し、あらかじめ求めた基板の温度とGHeの供給量との間の関係からGHeの供給量を制御することにより、基板の温度を一定の温度に保持できる。このような制御

する。このようにすれば、エッチング終了時点での基板に残留する静電力を更に減少させることができるため、基板搬出時に基板を損傷させることがなく、基板搬出に要する時間を短縮することができる。但し、この場合は、エッチング中の基板の温度をオーバーエッチング時の温度上昇分だけ下げておくよう制御してやる必要がある。また、伝熱ガスとしてGHeの他に水素ガス、ネオンガス等の熱伝導性の良いガスを用いても良い。

なお、本発明は、その他の冷却される基板台に配置保持されて真空処理される試料の温度を制御するのに同様の効果を有する。

(発明の効果)

本発明は、以上説明したように、試料台とプラズマ処理される試料の裏面との間の電気絶縁材を介して、試料台と試料とに電荷を蓄積して試料を試料台に密着保持させ、密着保持された試料の裏面と試料台との間に伝熱ガスを供給することにより、伝熱ガスのガス圧による試料の変形を防止して吸着保持された試料の裏面と試料台との間隙量

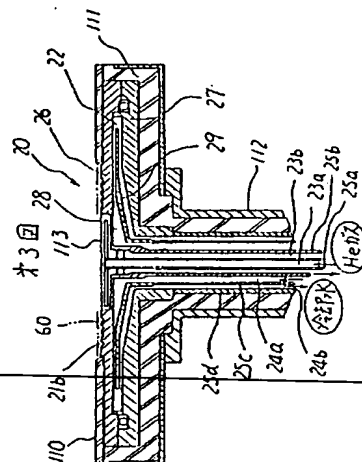
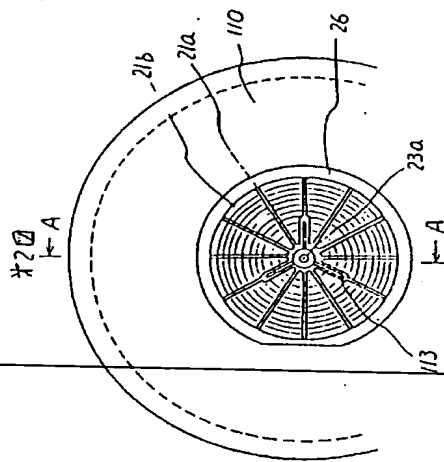
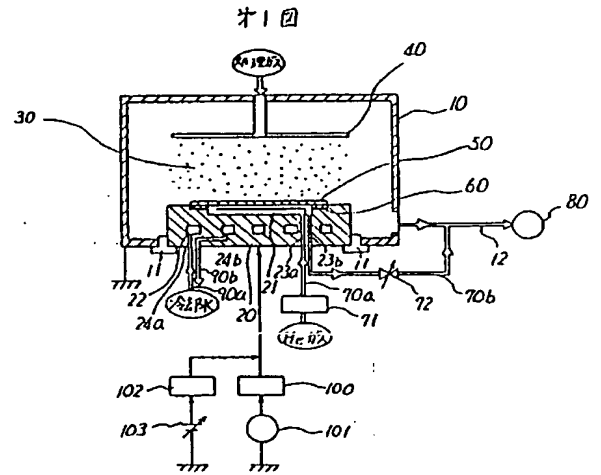
の増大を抑制でき、真空処理される試料の温度を効果的に制御できると共に、伝熱ガスの真空処理室内への流出を抑制でき、プロセスに与える伝熱ガスの影響を少なくできるという効果がある。

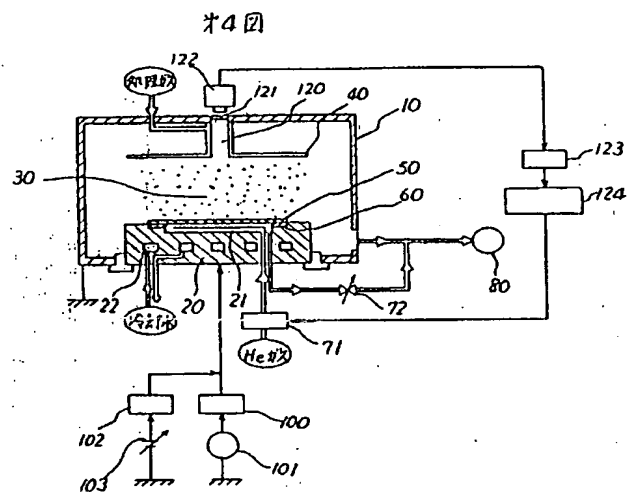
4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明を実施したドライエッチング装置の一例を示す構成図、第2図は第1図の下部電極の詳細平面図、第3図は第2図のA-A視断面図、第4図は本発明を実施したドライエッチング装置他の例を示す構成図である。

10……真空処理室、20……下部電極、21、21a、21b……溝、22……冷媒流路、50……基板

代理人 井理士 小川 勝





第1頁の続き

⑫発明者	平塚	幸哉	茨城県土浦市神田町502番地 株式会社日立製作所機械研究所内
⑫発明者	柴田	史雄	山口県下松市大字東豊井794番地 株式会社日立製作所笠戸工場内
⑫発明者	山本	則明	山口県下松市大字東豊井794番地 株式会社日立製作所笠戸工場内
⑫発明者	坪根	恒彦	山口県下松市大字東豊井794番地 株式会社日立製作所笠戸工場内